

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
19. April 2001 (19.04.2001)

PCT

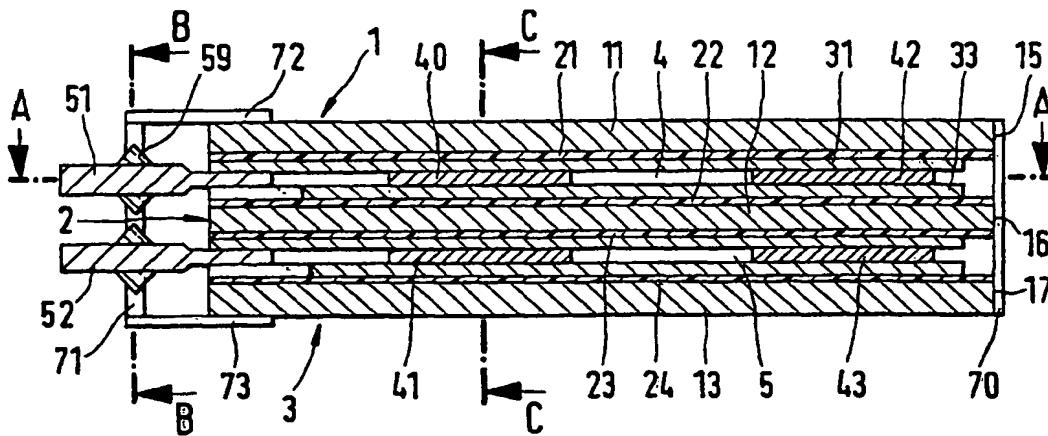
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/27997 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01L 25/07** (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE00/03529**
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
7. Oktober 2000 (07.10.2000) (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WOLF, Kuno**  
[DE/DE]; Reuteweg 12, 72417 Jungingen (DE).  
**KOELLE, Gerhard** [DE/DE]; Hofwiesenstrasse 22,  
75446 Wiernsheim (DE). **ZAREMBA, Juergen** [DE/DE];  
Beim Sportplatz 16, 72108 Rottenburg (DE). **JACOB,**  
**Wolfgang** [DE/DE]; Finkenweg 22, 72160 Horb (DE).  
**WALLRAUCH, Alexander** [DE/DE]; Keplerstrasse 14,  
72810 Gomaringen (DE). **RUF, Christoph** [DE/DE];  
Zeppelinstrasse 14, 72800 Eningen (DE). **SCHMID, Ralf**  
[DE/DE]; Helmishofener Strasse 17, 87662 Kaltental
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität:  
199 50 026.6 9. Oktober 1999 (09.10.1999) **DE**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **POWER SEMICONDUCTOR MODULE**

(54) Bezeichnung: **LEISTUNGSHALBLEITERMODUL**



(57) Abstract: The invention relates to a power semiconductor module which comprises a stack of carrier substrates that are arranged in layers and one on top of the other and that are provided with at least one strip conductor on at least one main surface. At least one electronic semiconductor component is arranged between two adjacent carrier substrates of the stack. The semiconductor component is electrically contacted to at least one strip conductor of a carrier substrate that is arranged in the stack over the semiconductor component and to at least one additional strip conductor of a carrier substrate that is arranged in the stack under the semiconductor component and in such a way that heat is conducted. The aim of the invention is to provide improved heat emission and a construction that is as compact as possible at the same time. To this end, the two outer carrier substrates of the stack are configured as an upper and a lower wall of a closed housing component which surrounds the at least one semiconductor component. The gaps between the stacked carrier substrates are sealingly closed by means of a circulating wall that is fixed to the carrier substrates.

(57) Zusammenfassung: Um bei einem Leistungshalbleitermodul, welches einen Stapel aus in mehreren Lagen übereinander angeordneten Trägersubstraten umfaßt, die auf zumindest einer Hauptoberfläche mit wenigstens einer Leiterbahn versehen sind, wobei zwischen zwei benachbarten Trägersubstraten des Stapels wenigstens ein elektronisches Halbleiterbauelement

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/27997 A2



(DE). URBACH, Peter [DE/DE]; Eichendorffstrasse 20, 72762 Reutlingen (DE). BIRECKOVEN, Bernd [DE/DE]; Im Gruen 30a, 77815 Buehl (DE). KRAUSS, Hans-Reiner [DE/DE]; Peter-Rosegger-Strasse 143/1, 72762 Reutlingen (DE). SCHOLZ, Dirk [DE/DE]; Christoph-Wielandweg 7, 72810 Gomaringen (DE).

**Veröffentlicht:**

— Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): HU, JP, KR, US.

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

---

angeordnet ist, das mit wenigstens einer Leiterbahn eines im Stapel über dem Halbleiterbauelement angeordneten Trägersubstrats und mit wenigstens einer weiteren Leiterbahn eines im Stapel unter dem Halbleiterbauelement angeordneten Trägersubstrats elektrisch und wärmeleitend kontaktiert ist, eine verbesserte Wärmeabgabe bei gleichzeitig möglichst kompaktem Aufbau zu realisieren, wird vorgeschlagen, die beiden äußeren Trägersubstrate des Stapels als eine obere und eine untere Gehäusewand eines geschlossenen das wenigstens eine Halbleiterbauelement umgebenden Gehäuseteils auszubilden und die Zwischenräume zwischen den gestapelten Trägersubstraten durch eine an den Trägersubstraten befestigte umlaufende Wandung dicht zu verschließen.

5

Leistungshalbleitermodul

10 Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Leistungshalbleitermodul mit den im Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen.

15

Ein derartiges Leistungshalbleitermodul ist beispielsweise aus der WO 98/15005 bekannt geworden und weist mehrere Halbleiterbauelemente auf, die auf der Oberseite mit einer Leiterbahnebene eines ersten Trägersubstrats und auf der Unterseite mit einer Leiterbahnebene eines zweiten Trägersubstrats elektrisch verbunden sind. Der aus den beiden Trägersubstraten und den dazwischen angeordneten Halbleiterbauelementen gebildete Stapel kann durch Übereinanderschichten weiterer Trägersubstrate erweitert werden, wobei zwischen jeweils zwei

20 Trägersubstrate jeweils eine Lage mit Halbleiterbauelementen vorgesehen ist. Zur Verbesserung der Wärmeableitung wird auf wenigstens einem der beiden äußeren Trägersubstrate eine Metallplatte angeordnet, die als Wärmesenke dient.

25

30 Zum Schutz der elektronischen Schaltung vor Feuchtigkeit und Schmutz muß die aus dem Stapel und der Wärmesenke gebildete Anordnung in ein hermetisch abgedichtetes Gehäuseteil eingesetzt werden. Nachteilig dabei ist, daß die Wärme zunächst auf die Wärmesenke abfließt und erst anschließend durch eine

35 Gehäusewand nach außen gelangen kann. Wenn die Wärmesenke zu-

gleich als Gehäusewand, beispielsweise als metallischer Gehäuseboden vorgesehen ist, bestehen größere Probleme bei der hermetischen Abdichtung des Gehäuses. Da die Wärmesenke recht groß sein muß, um eine effiziente Kühlung zu erreichen, muß  
5 ein insgesamt unhandlich großer Aufbau hermetisch verkapselt werden, wobei die Ausgestaltung des Gehäuses von der Größe der verwandten Wärmesenke beziehungsweise des Kühlkörpers abhängt. Die Wärmesenke in dem verkapselten Gehäuse kann nachträglich nicht mehr verändert werden, so daß eine flexible  
10 Anpassung des Kühlkörpers an den Typ und die Anzahl der wärmeerzeugenden Halbleiterbauelemente nicht möglich ist.

Erschwerend kommt hinzu, daß aufgrund der starken Wärmeentwicklung der Leistungshalbleiter in vielen Fällen das Leistungshalbleitermodul mit einer Kühlflüssigkeit gekühlt werden muß. Bei den bekannten Anordnungen müssen in aufwendiger Weise Kühlkanäle in den Kühlkörper eingebracht werden, die von einer Kühlflüssigkeit durchströmt werden. Da die Kühlkanäle an dem im Gehäuseinnenraum befindlichen Kühlkörper ausgebildet sind, muß ein erheblicher Aufwand getrieben werden,  
20 um eine Zu- und Ableitung des Kühlmittels in das hermetisch abgedichtete Gehäuse zu ermöglichen.

#### Vorteile der Erfindung

25 Mit dem erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermodul nach dem Anspruch 1 der Anmeldung werden diese Nachteile vermieden. Dadurch, daß das jeweilige oberste und unterste Trägersubstrat des Stapels zugleich eine obere und untere Gehäusewand des Leistungshalbleitermoduls bildet und die von den Halbleiterbauelementen erzeugte Wärme auf die äußeren Trägersubstrate abgeleitet wird, wird erreicht, daß die Wärme von den äußeren Trägersubstraten direkt an den das Gehäuseteil umgebenden Außenraum abgegeben werden kann und nicht innerhalb des  
30 Gehäuseteils auf einen Kühlkörper abgeleitet wird. Das Gehäuseteil

seteil umfaßt vorteilhaft die aus den äußeren Trägersubstraten gebildete obere und untere Gehäusewand sowie eine die vier Seitenwände des Gehäuseteils bildende umlaufende Wandung, welche an den Trägersubstraten befestigt ist. Auf einfache Weise kann so ein hermetisch dichter und äußerst kompakter Aufbau realisiert werden, der zudem eine sehr effiziente Wärmeableitung an die Gehäuseumgebung ermöglicht. Besonders vorteilhaft ist, daß das erfindungsgemäße Leistungshalbleitermodul ohne aufwendige Gestaltung von Kühlkanälen und ohne Abänderung des Gehäuseaufbaus in ein umströmendes Kühlmedium eingesetzt oder aber mit einem Kühlkörper kontaktiert werden kann. Vorteilhaft wird die auf die äußeren Trägersubstrate abgeleitete Wärme unmittelbar an die jeweils bevorzugte Wärmesenke abgegeben. Durch die vielfältigen und flexiblen Einsatzmöglichkeiten bietet das erfindungsgemäße Leistungshalbleitermodul erhebliche Vorteile gegenüber den im Stand der Technik bekannten Lösungen.

Weiterentwicklungen der Erfindung und vorteilhafte Ausführungen werden durch die in den Unteransprüchen angegebenen Merkmale ermöglicht.

Dadurch, daß die elektrische Kontaktierung der Halbleiterbauelemente mit dem jeweiligen über dem Halbleiterbauelement angeordneten Trägersubstrat und mit jeweiligen unter dem Halbleiterbauelement angeordneten Trägersubstrats durch Löten hergestellt ist, wird eine besonders rasche Ableitung der Wärme im Stapel auf die äußeren Trägersubstrate ermöglicht.

Die Wärmeableitung kann noch dadurch verbessert werden, daß die Zwischenräume zwischen den gestapelten Trägersubstraten vollständig durch ein fließfähiges, aushärtbares und wärmeleitendes Medium aufgefüllt sind.

Vorteilhaft kann das fließfähige, aushärtbare und wärmeleitende Medium zugleich auf die senkrecht zu den Hauptoberflächen der Trägersubstrate verlaufenden Stirnseiten der Trägersubstrate derart aufgetragen werden, daß das fließfähige, aushärtbare Medium die umlaufende Wandung bildet. Hierdurch kann ein zusätzlicher Herstellungsschritt zur Festlegung der Wandung an dem Stapel vermieden werden.

Vorteilhaft kann als fließfähiges, aushärtbares und wärmeleitendes Medium ein kapillar fließfähiger Kleber verwandt werden.

In einem anderen Ausführungsbeispiel ist vorgesehen das das fließfähige, aushärtbare und wärmeleitende Medium aus Spritzmasse besteht. Der aus den Trägersubstraten und den Halbleiterbauelementen bestehende Stapel kann dann beispielsweise in einem Spritzpreßverfahren, beziehungsweise durch Transferformen hergestellt werden.

Vorteilhaft werden die Anschlüsse des Leistungshalbleitermoduls durch Kontaktelemente gebildet, die mit jeweils einer auf einem Trägersubstrat angeordneten Leiterbahn elektrisch kontaktiert sind und seitlich aus den Zwischenräumen zwischen den Trägersubstraten herausgeführt und durch die umlaufende Wandung aus dem Gehäuseteil nach außen geführt sind. Wenn die umlaufende Wandung aus einem elektrisch leitfähigen Material besteht, können beispielsweise Isolierdurchführungen für die Kontaktelemente vorgesehen sein. Um einen hermetisch dichten Verschluß des Gehäuseteils zu erreichen, können die Isolierdurchführungen beispielsweise als Glasdurchführungen in jeweils einer Ausnehmung der umlaufenden Wandung eingebracht sein.

In einem anderen Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß die umlaufende Wandung zumindest teilweise an den senkrecht zu

der Hautoberfläche der Trägersubstrate verlaufenden Stirnseiten der Trägersubstrate festgelegt ist. Die Wandung kann beispielsweise aus einem einzigen Metallstreifen hergestellt werden, der auf die Stirnseiten der Trägersubstrate aufgeklebt oder aufgelötet oder in sonstiger Weise befestigt wird.

Besonders vorteilhaft ist es, die umlaufende Wandung durch wenigstens einen geschlossen umlaufenden Rahmen auszubilden, welcher zwischen ein oberes und ein unteres Trägersubstrat derart eingelegt wird, daß zumindest das wenigstens eine Halbleiterbauelement vollständig von dem Rahmen umgeben wird, wobei der Rahmen mit dem oberen Trägersubstrat und dem unteren Trägersubstrat dicht verbunden ist. In diesem Fall ist für jeden Zwischenraum zwischen zwei Trägersubstraten jeweils ein Rahmen erforderlich.

Vorzugsweise sind die Rahmen als Metallrahmen ausgebildet und mit einer umlaufenden Leiterbahn des oberen Trägersubstrats und mit einer umlaufenden Leiterbahn des unteren Trägersubstrats großflächig verlötet. Die Verlötung der Rahmen erfolgt vorteilhaft zusammen mit der Verlötung der Halbleiterbauelemente auf den Leiterbahnen der Trägersubstrate. Die Herstellung eines derartigen Leistungshalbleitermoduls ist besonders einfach und zuverlässig durchführbar. Da die umlaufenden Rahmen keine seitliche Herausführung der Anschlüsse aus dem Zwischenraum zwischen den Trägersubstraten erlauben, werden die elektrischen Anschlüsse der Halbleiterbauelemente über Durchkontaktierungen in den Trägersubstraten nach außen geführt und auf der Außenseite der äußeren Trägersubstrate mit Kontaktelementen elektrisch verbunden.

In einem anderen vorteilhaften Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, daß in dem Stapel wenigstens ein Trägersubstrat mit einer elastisch federnden Schicht ange-

ordnet ist, wobei der gebildete Stapel in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Trägersubstrate elastisch federnd komprimierbar ist. Vorteilhaft wird hierdurch ermöglicht, daß das Leistungshalbleitermodul in eine entsprechend ausgestaltete Nut oder Tasche eines Kühlkörpers eingesetzt werden kann, wobei durch die Spannkraft der elastisch federnden Schicht die äußeren Trägersubstrate fest gegen den Kühlkörper angedrückt werden. Eine Schraubverbindung ist hierfür nicht erforderlich. Die elastisch federnde Schicht kann beispielsweise aus einem elastisch verformbaren Kunststoff gefertigt werden. In einem anderen Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, die elastisch federnde Schicht durch mehrere in einer Ebene angeordnete Federelemente auszubilden.

#### Figuren

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden in den Zeichnungen dargestellt und sind in der Beschreibung erläutert. Es zeigt Fig. 1a einen Querschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls, Fig. 1b einen Schnitt durch Fig. 1a längs der Linie B-B, Fig. 1c einen Schnitt durch Fig. 1a längs der Linie C-C, Fig. 1d einen Schnitt durch Fig. 1a längs der Linie A-A, Fig. 2a einen Querschnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung, Fig. 2b einen Schnitt durch Fig. 2a längs der Linie D-D, Fig. 3a einen Querschnitt durch ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung, Fig. 3b einen Schnitt durch Fig. 3a längs der Linie D-D, Fig. 4 einen Querschnitt durch ein viertes Ausführungsbeispiel der Erfindung.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele



Wie in Fig. 1 dargestellt ist, umfaßt das Leistungshalbleitermodul einen Stapel aus mehreren Trägersubstraten 1,2,3. In den hier dargestellten Ausführungsbeispielen umfaßt das Leistungshalbleitermodul insgesamt drei Trägersubstrate, es ist  
5 aber auch möglich, einen Stapel aus nur zwei Trägersubstraten oder aus mehr als drei Trägersubstraten zu verwenden. Die Trägersubstrate 1,2,3 sind in dem Beispiel der Fig. 1a bis 1d sogenannte IMS-Substrate (Insulated-metal-substrat), welche jeweils eine Metallplatte 11,12,13 umfassen. Die Metallplatte  
10 ist auf wenigstens einer Hauptoberfläche mit einer dünnen isolierenden Schicht 21,22,23,24 versehen. Auf die isolierende Schicht ist jeweils eine dünne Metallschicht aufgebracht, in der Leiterbahnen 31-36 durch Strukturieren in bekannter Weise ausgebildet sind. So umfaßt das erste Trägersubstrat 1  
15 auf seiner Unterseite die Leiterbahnen 31,32. Das Trägersubstrat 2 weist auf der Oberseite eine Leiterbahn 33 und auf der Unterseite zwei Leiterbahnen 34 und 35 auf. Das dritte Trägersubstrat weist auf seiner Oberseite eine Leiterbahn 36 auf. Wie in Fig. 1a dargestellt ist, sind in den beiden Zwischenräumen 4,5 zwischen den drei Trägersubstraten 1,2,3  
20 Halbleiterbauelemente 40-43 angeordnet. Wie in Fig. 1a und Fig. 1c zu erkennen ist, sind die Halbleiterbauelemente 41 und 43 mit ihrer Unterseite auf die Leiterbahn 36 des unteren Trägersubstrats 3 aufgelötet und dadurch mit der Leiterbahn  
25 36 elektrisch kontaktiert. Das zweite Trägersubstrat 2 ist mit den unteren Leiterbahnen 34 und 35 auf die Oberseite der Halbleiterbauelemente 41,43 aufgelötet. Die Leiterbahn 34 ist dabei jeweils mit einem nicht dargestellten ersten Anschluß und die zweite Leiterbahn 35 mit einem zweiten Anschluß der  
30 Halbleiterbauelemente 41,43 elektrisch verbunden. Auf die obere Leiterbahn 33 des mittleren zweiten Trägersubstrats sind zwei weitere Halbleiterbauelemente 40,42 aufgelötet. Den Abschluß des Stapels bildet ein erstes Trägersubstrat 1, welches mit Leiterbahnen 31,32 auf die Halbleiterbauelemente

40,42 aufgelötet ist. Die Halbleiterbauelemente 40-43 sind beispielsweise Leistungstransistoren.

Der Stapelaufbau ist aber nicht auf das gezeigte Ausführungs-  
beispiel beschränkt. So können in jedem Zwischenraum 4,5 des  
Stapelaufbaus weitere Halbleiterbauelemente und andere elek-  
tronische Schaltungsteile vorgesehen sein. Die Halbleiterbau-  
elemente können mit den Leiterbahnen 31-36 auch über einen  
elektrisch leitfähigen Kleber verbunden werden. Bevorzugt  
wird aber das Auflöten der Halbleiterbauelemente, da über die  
Lotverbindungen eine besonders rasche Ableitung der von den  
Halbleiterbauelementen erzeugten Wärme auf die äußeren Trä-  
gersubstrate 1 und 3 erfolgt. Weiterhin ist es natürlich auch  
möglich, mehr als drei Trägersubstrate in der gezeigten Weise  
übereinander zu stapeln oder auch nur zwei Trägersubstrate zu  
verwenden. Gegebenenfalls können in die Trägersubstrate  
Durchkontaktierungen eingebracht werden, um die verschiedenen  
Leiterbahnebenen miteinander zu verbinden oder um die Wär-  
meableitung in einer Richtung senkrecht zu den Trägersubstra-  
ten zu verbessern. Die Auswahl der Trägersubstrate ist nicht  
auf IMS-Substrate beschränkt. So können beispielsweise auch  
DCB-Substrate (Direct copper bonded) mit einem Keramikern  
oder andere geeignete Substrate verwandt werden.

Wie in Fig. 1a und Fig. 1c zu erkennen ist, bildet das obere  
Trägersubstrat 1 und das untere Trägersubstrat 3 des im we-  
sentlichen quaderförmigen Stapels eine obere und untere Ge-  
häusewand des Leistungshalbleitermoduls. Die vier Seitenwände  
des Gehäuseteils werden durch eine umlaufende Wandung 70 ge-  
bildet, welche an den senkrecht zu den Hauptoberflächen der  
Trägersubstrate 1,2,3 verlaufenden Stirnseiten 15,16,17 der  
Trägersubstrate festgelegt ist. Die Wandung 70 kann als Me-  
tallfolie ausgebildet sein und ist beispielsweise durch Lö-  
ten, Aufkleben oder in anderer Weise an den Stirnseiten der  
Trägersubstrate befestigt. Wie in Fig. 1b und 1d gezeigt sind

sechs Kontaktelemente 51-56 mit jeweils einer der Leiterbahnen 31-36 kontaktiert. Die dem Leistungshalbleitermodul zugewandten Enden der Kontaktelemente sind hierfür in den Zwischenräumen 4,5 der Trägersubstrate mit den zugeordneten Leiterbahnen verlötet oder in anderer geeigneter Weise kontaktiert. Wie in Fig. 1d zu erkennen ist, ist das Kontaktelement 53 beispielsweise mit der Leiterbahn 33 elektrisch verbunden. Die Kontaktelemente 51,55 sind mit den oberen, in Fig. 1d nicht zu erkennenden Leiterbahnen 31 und 32 verlötet. Dies kann zusammen mit der Auflötung der Halbleiterbauelemente durchgeführt werden.

Wie weiterhin dargestellt ist, sind die von dem Leistungshalbleitermodul abgewandten Enden der Kontaktelemente 51 bis 56 durch die Wandung 70 aus dem Gehäuseteil herausgeführt. Glasdurchführungen 59, die in Öffnungen an der Stirnwand 71 der Wandung 70 vorgesehen sind und die Kontaktelemente konzentrisch umgeben, dienen der Isolation der Kontaktelemente gegenüber der metallischen Wandung 70. Die Wandung 70 kann einteilig oder mehrteilig ausgebildet sein. So kann beispielsweise die Stirnwand 71 mit den Glasdurchführungen separat hergestellt und mit einer U-förmig um die Trägersubstrate gewickelten Metallfolie verbunden werden, wie dies am besten in Fig. 1d zu erkennen ist. Wenn die Stirnwand 71 etwas von dem Stapel der Trägersubstrate beabstandet ist, wie in Fig. 1a dargestellt ist, dienen Abdeckungen 72,73, die mit der oberen und unteren Gehäusewand einerseits und mit der Stirnwand 71 andererseits verbunden sind, der Abdichtung des Gehäuseteils. Bei einer geeigneten Ausbildung der Kontaktelemente 51-56 kann die Stirnwand 71 aber auch direkt auf eine Stirnseite der Trägersubstrate aufgelegt werden. Der mögliche Abstand zwischen der Stirnwand 71 und den Trägersubstraten und die Zwischenräume 4,5 zwischen den Trägersubstraten können mit einem fließfähigen, aushärtbaren und wärmeleitenden Medium, beispielsweise einem Kapillarkleber gefüllt werden,

der beispielsweise aus der Flip-Chip-Technik als Underfill bekannt ist. Durch das fließfähige, aushärtbare und wärmeleitende Medium wird die Wärmeableitung an die äußeren Trägersubstrate 1,3 verbessert und außerdem die Dichtigkeit des gebildeten Gehäuses erhöht. Vorzugsweise ist das Gehäuseteil  
5 durch die Festlegung der Wandung 70 an den Stirnwänden 15,16,17 hermetisch dicht verschlossen.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Figuren 2a und 2b dargestellt. Die drei Trägersubstrate 1,2,3  
10 bestehen in diesem Beispiel aus DCB-Substraten, die jeweils eine Keramikplatte 61,62,63 aus beispielsweise  $Al_2O_3$  oder AlN aufweisen, die auf ihrer Ober- und Unterseite mit einer Kupferlage beschichtet ist. In den Kupferlagen sind Leiterbahnen  
15 30-37 strukturiert, wobei die Leiterbahnen 31 bis 36 den in Fig. 1a und 1c gezeigten Leiterbahnen entsprechen. In den Zwischenräumen 4,5 zwischen den Trägersubstraten 1,2,3 sind Halbleiterbauelemente 40-47 angeordnet, die mit den Leiterbahnen 31 bis 36 wie in dem ersten Ausführungsbeispiel beschrieben verlötet sind. Anders als in dem Ausführungsbeispiel von Fig. 1a-1d wird hier die umlaufende Wandung durch  
20 zwei umlaufende rechteckförmige Rahmen 80 gebildet, wobei in jeweils einem Zwischenraum 4,5 jeweils ein geschlossener Rahmen angeordnet ist, der die dort untergebrachten Halbleiterbauelemente umgibt. Die Rahmen 80 sind vorzugsweise metallische Rahmen, die mit umlaufenden Leiterbahnen 38,39 der Trägersubstrate verlötet sind. Wie dargestellt, ist beispielsweise der obere Rahmen 80 mit einer geschlossenen Leiterbahn  
25 39 auf dem Trägersubstrat 2 und mit einer geschlossenen Leiterbahn 38 des Trägersubstrats 1 verlötet, wobei die Halbleiterbauelemente 40,42,44,46 sämtliche innerhalb der geschlossenen Leiterbahnen 38,39 zwischen den Trägersubstraten 1,2 angeordnet sind. Die elektrischen Anschlüsse des Leistungshalbleitermoduls sind anders als in Fig. 1 nicht an den Seiten  
30 aus dem Stapel herausgeführt, sondern über Durchkontak-

5 tierungen 81-86 mit Kontaktelementen 51-56 auf den Außenseiten der äußeren Trägersubstrate 1,3 verbunden. Die Kontaktelemente 51-56 werden durch Strukturieren aus den äußeren Leiterbahnen 30 und 37 des Stapels gebildet und sind gegebenenfalls durch Metallfolien verstärkt. Vorzugsweise stehen die von dem Leistungshalbleitermodul abgewandten Enden der Kontaktelemente 51-56 als Anschlußfahnen von dem Leistungshalbleitermodul ab. Wie in Fig. 2a und 2b dargestellt, können hierzu die mit den oberen Anschlüssen der Halbleiterbauelemente 40,42,44,46 verbundenen Leiterbahnen 31 und 32 direkt über Durchkontaktierungen 81 und 85 nach außen geführt werden, während die mit der unteren Anschlußfläche der Halbleiterbauelemente 40,42,44,46 verbundenen Leiterbahn 33 über ein Kontaktstück 88 mit der Durchkontaktierung 83 verlötet ist. 10 Die Verlötung des Kontaktstücks 88 kann zusammen mit der Verlötung der Halbleiterbauelemente 40,42,44,46 erfolgen, wobei die Höhe des Kontaktstückes der Höhe der Halbleiterbauelemente in etwa entspricht. Entsprechendes gilt für die Leiterbahnen 34-36 und die unteren Halbleiterbauelemente 41,43,45,47 und unteren Kontaktstücke 88. 15 20

In den Figuren 3a und 3b ist ein drittes Ausführungsbeispiel dargestellt, das sich von dem in den Figuren 2a und 2b gezeigten Beispiel nur dadurch unterscheidet, daß das mittlere Trägersubstrat 2 andersartig aufgebaut ist. Wie zu erkennen ist, umfaßt das Trägersubstrat 2 eine zentrale Schicht 90, welche elastisch federnd ausgebildet ist. Beispielsweise besteht die Schicht 90 aus einem elastisch verformbaren Kunststoff oder aus mehreren in einer Ebene angeordneten Federelementen. Auf die Ober- und Unterseite der elastisch verformbaren Schicht 90 ist jeweils eine Keramikschrift 62a und 62b aufgebracht. Auf die von der elastischen Schicht 90 abgewandte Seite der Keramikschrift 62a und 62b ist eine Leiterbahn 33 und 34 aufgebracht. Ansonsten erfolgt der Aufbau des Leistungshalbleitermoduls gleichartig zu dem in der Fig. 2a dar- 25 30 35

gestellten Beispiel. Es ist aber auch denkbar die Leiterbahnen 33 und 34 unmittelbar auf die elastische Schicht 90 aufzubringen und auf die Keramiksichten 62a und 62b zu verzichten, falls die elastische Schicht 90 aus einem elektrisch isolierenden Material besteht, beispielsweise einem Kunststoff.

Durch die elastisch federnde Schicht 90 ist der Stapel der Trägersubstrate senkrecht zur Hauptoberfläche der Trägersubstrate komprimierbar. Trotz der Verformbarkeit des Stapels ist das Gehäuse des Leistungshalbleitermoduls jedoch immer dicht verschlossen, da sich die beiden Rahmen 80 im Falle einer Komprimierung relativ zueinander bewegen. Das dargestellt Leistungshalbleitermodul kann beispielsweise durch Zusammen-  
drücken in die nutzförmige Aufnahme eines Kühlkörpers 95 eingesetzt werden. Durch die Spannkraft der elastisch federnden Schicht werden die äußeren Trägersubstrate 1 und 3 mit den äußeren Leiterbahnen 30 und 37 fest gegen den Kühlkörper angepreßt und so die Wärmeabgabe verbessert. Ein Verschrauben des Leistungshalbleitermoduls mit dem Kühlkörper ist hierfür nicht erforderlich.

Fig. 4 zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel der Erfindung. Auch hier sind die Trägersubstrate 1,2,3 DCB-Substrate mit einer zentralen Keramikplatte 61,62,63. Im Unterschied zu den in Fig. 1 bis 3 gezeigten Ausführungsbeispielen wird hier die umlaufende Wandung nicht durch eine an den Trägersubstraten befestigte gewickelte Wand und auch nicht durch mehrere gestapelte umlaufende Rahmen gebildet, sondern durch Spritzmasse 101 die in einem entsprechend ausgestalteten Spritzwerkzeug derart in die Zwischenräume 4,5 zwischen den Trägersubstraten 1,2,3 und auf die Stirnseiten 15,16,17 der Trägersubstrate gespritzt ist, daß nach dem Entformen des Werkzeugs eine umlaufende Wandung 100 aus Spritzmasse auf den Stirnseiten 15-17 verbleibt, welche das Leistungshalbleitermodul her-

metisch dicht verkapselt. Die Anschlüsse 51-56 des Leistungs-  
halbleitermoduls werden durch Kontaktelemente gebildet, die  
mit den Leiterbahnen 31-35 ähnlich wie in Fig. 1 verlötet  
werden. Die Kontaktelemente können vor dem Umspritzen vor-  
5 teilhaft in eine gewünschte Form gebogen werden.

Zur Kühlung kann das in den Figuren 1-4 dargestellt Lei-  
stungshalbleitermodul in eine strömende Kühlflüssigkeit oder  
den Luftstrom eines Kühlaggregats eingebracht werden. Die äu-  
10 ßeren Trägersubstrate 1,3 werden dann unmittelbar durch ein  
das Gehäuseteil umströmendes Kühlmittel gekühlt.

## Ansprüche

5

10

15

20

25

30

35

1. Leistungshalbleitermodul umfassend einen Stapel aus in mehreren Lagen übereinander angeordneten Trägersubstraten (1,2,3), die auf zumindest einer Hauptoberfläche mit wenigstens einer Leiterbahn (31-36) versehen sind, wobei zwischen zwei benachbarten Trägersubstraten des Stapels wenigstens ein elektronisches Halbleiterbauelement (40-47) angeordnet ist, das mit wenigstens einer Leiterbahn (31-36) eines im Stapel über dem Halbleiterbauelement angeordneten Trägersubstrats und mit wenigstens einer weiteren Leiterbahn (31-36) eines im Stapel unter dem Halbleiterbauelement angeordneten Trägersubstrats elektrisch und wärmeleitend kontaktiert ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die beiden äußeren Trägersubstrate (1,3) des Stapels eine obere und eine untere Gehäusewand eines geschlossenen das wenigstens eine Halbleiterbauelement (40-47) umgebenden Gehäuseteils bilden, wobei die von dem Halbleiterbauelement erzeugte Wärme zumindest teilweise auf die durch die äußeren Trägersubstrate (1,3) gebildete obere und untere Gehäusewand abgeleitet und von dort an die Umgebung des Gehäuseteils abgegeben wird, und daß die Zwischenräume (4,5) zwischen den gestapelten Trägersubstraten durch eine an den Trägersubstraten befestigte umlaufende Wandung (70,80,100) dicht verschlossen sind.

2. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das durch die obere und untere Gehäusewand (1,3) und die umlaufende Wandung (70,80,100) gebildete Gehäuseteil ein hermetisch dichtes Gehäuseteil ist.

3. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die elektrische Kontaktierung des wenigstens



einen Halbleiterbauelementes (40-47) mit der wenigstens einen Leiterbahn (31-36) des über dem Halbleiterbauelement angeordneten Trägersubstrats und mit der wenigstens einen weiteren Leiterbahn (31-36) des unter dem Halbleiterbauelement angeordneten Trägersubstrats durch Löten hergestellt ist.

4. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenräume (4,5) zwischen den gestapelten Trägersubstraten (1,2,3) vollständig durch ein fließfähiges, aushärtbares und wärmeleitendes Medium (101) aufgefüllt sind. (Fig. 4)

5. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das fließfähige, aushärtbare und wärmeleitende Medium auf die senkrecht zu den Hauptoberflächen der Trägersubstrate (1-3) verlaufenden Stirnseiten (15,16,17) der Trägersubstrate derart aufgetragen ist, daß das fließfähige, aushärtbare Medium (101) zugleich die umlaufende Wandung (100) bildet. (Fig. 4)

6. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das fließfähige, aushärtbare und wärmeleitende Medium (101) ein kapillar fließfähiger Kleber ist.

7. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 4 oder 5 dadurch gekennzeichnet, daß das fließfähige, aushärtbare und wärmeleitende Medium (101) Spritzmasse ist.

8. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Kontaktelemente (51-56) vorgesehen sind, die mit jeweils einer auf einem Trägersubstrat (1-3) angeordneten Leiterbahn (31-36) elektrisch kontaktiert sind und seitlich aus den Zwischenräumen (4,5) zwischen den Trägersubstraten (1-3) herausgeführt und durch die umlaufende Wandung (70,100) aus dem Gehäuseteil nach außen geführt sind.

(Fig. 1a-1d, Fig. 4)

5 9. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der umlaufenden Wandung (70) Isolierdurchführungen (59) für die Kontaktelemente (51-56) vorgesehen sind. (Fig. 1a-1d)

10 10. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolierdurchführungen (59) Glasdurchführungen sind, welche jeweils in eine Ausnehmung der umlaufenden Wandung (70) eingebracht sind und ein Kontaktelement (51-56) hermetisch dicht umgeben.

15 11. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die umlaufende Wandung (70) zumindest teilweise an den senkrecht zu der Hauptoberfläche der Trägersubstrate (1-3) verlaufenden Stirnseiten (15,16,17) der Trägersubstrate festgelegt ist. (Fig. 1a-1d)

20 12. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die umlaufende Wandung durch wenigstens einen geschlossen umlaufenden Rahmen (80) gebildet wird, der zwischen ein oberes und ein unteres Trägersubstrat (1,2,3) derart eingelegt ist, daß zumindest das wenigstens eine  
25 Halbleiterbauelement (40-47) vollständig von dem Rahmen (80) umgeben wird, wobei der Rahmen mit dem oberen Trägersubstrat und dem unteren Trägersubstrat dicht verbunden ist. (Fig. 2a,2b,3a,3b)

30 13. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Rahmen (80) ein Metallrahmen ist und mit einer umlaufenden Leiterbahn (38) des oberen Trägersubstrats und mit einer umlaufenden Leiterbahn (39) des unteren Trägersubstrats großflächig verlötet ist.

35

14. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrischen Anschlüsse der Halbleiterbauelemente (40-47) über Durchkontaktierungen (81-86) in den Trägersubstraten (1,2,3) nach außen geführt und auf der Außenseite der äußeren Trägersubstrate (1,3) mit Kontaktelementen (51-56) elektrisch verbunden sind.

15. Leistungshalbleitermodul nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Stapel wenigstens ein Trägersubstrat (2) mit einer elastisch federnden Schicht (90) angeordnet ist derart, daß der gebildete Stapel in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Trägersubstrate (1,2,3) elastisch federnd komprimierbar ist. (Fig. 3a,3b)

16. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die elastisch federnde Schicht (90) aus einem elastisch verformbaren Kunststoff gefertigt ist.

17. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die elastisch federnde Schicht (90) durch mehrere in einer Ebene angeordnete Federelemente gebildet wird.

1 / 4

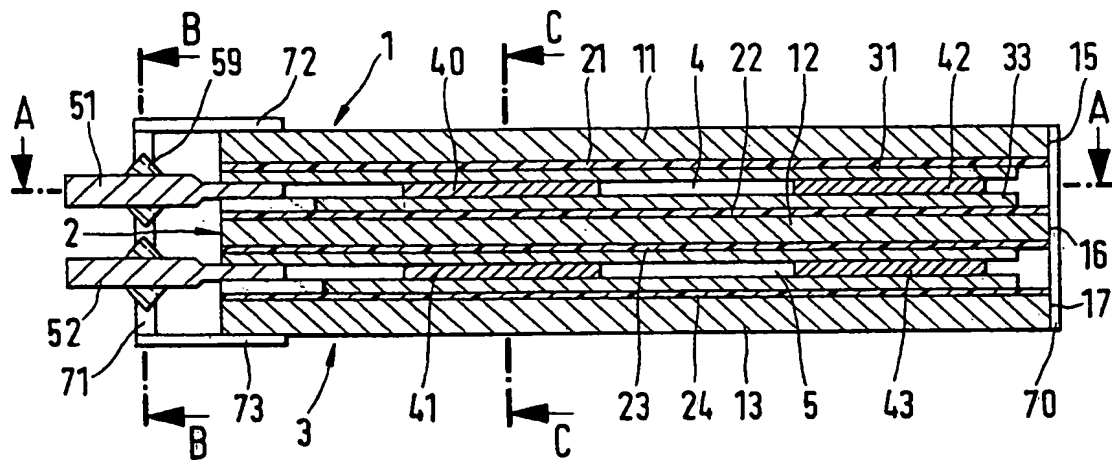


Fig. 1a

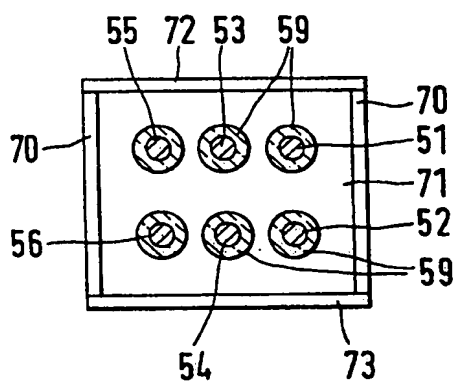


Fig. 1b

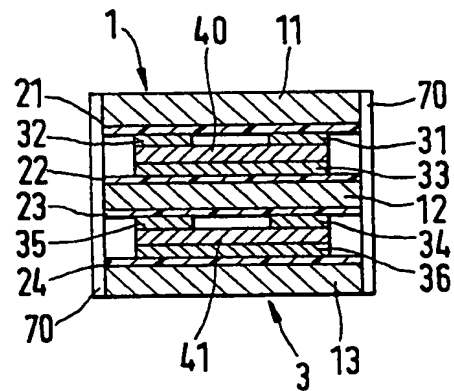


Fig. 1c

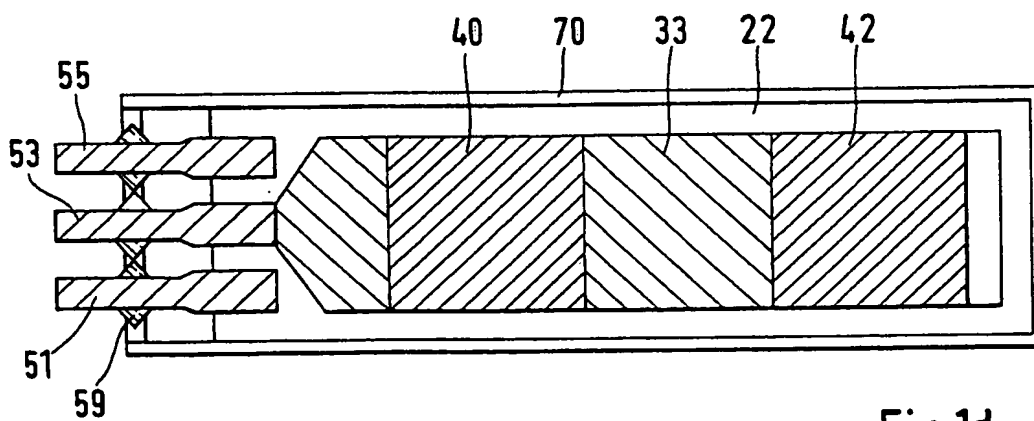
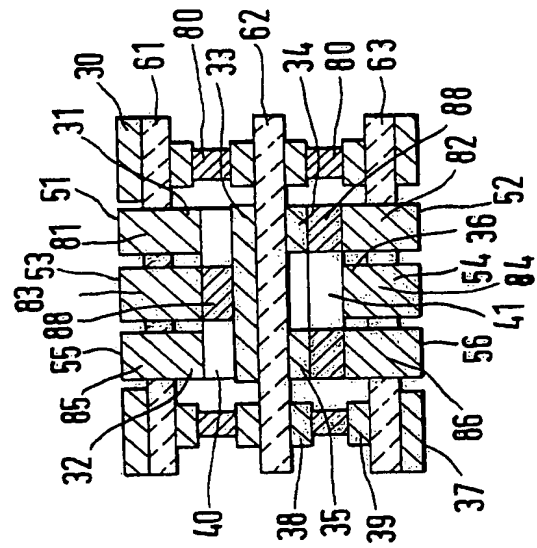
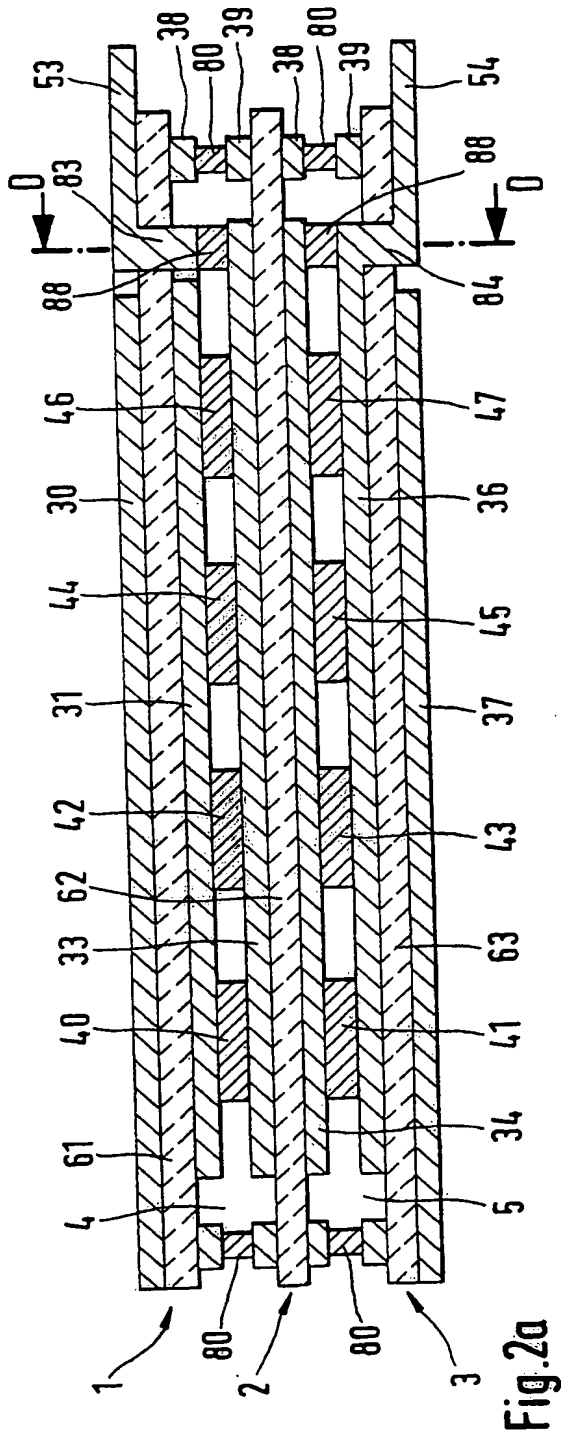


Fig. 1d



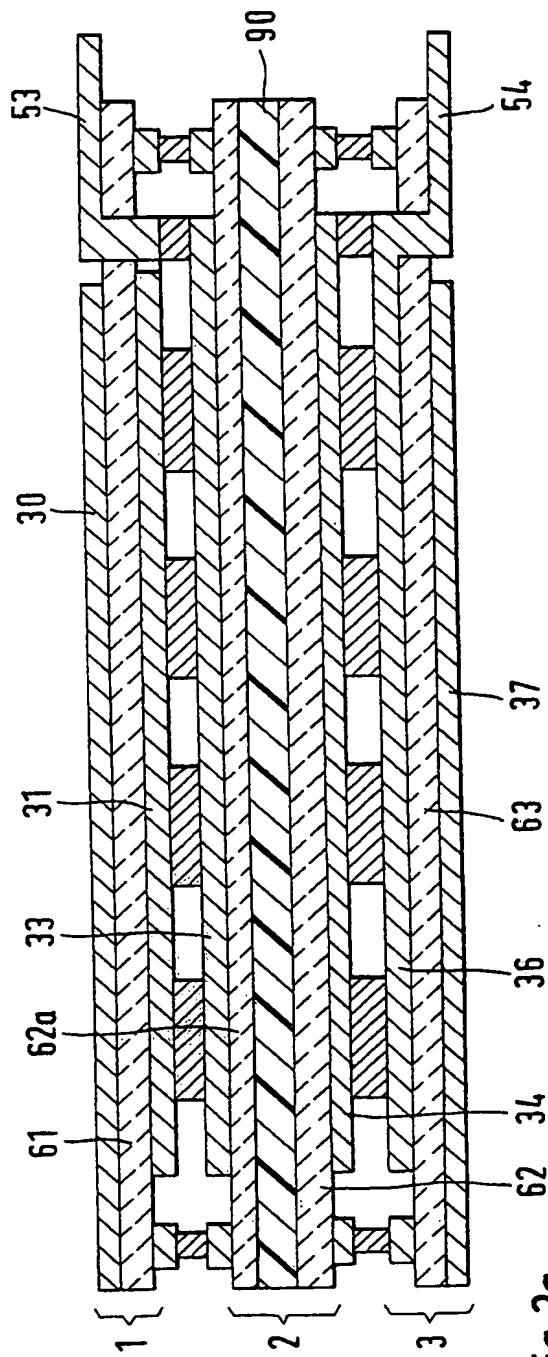


Fig. 3a

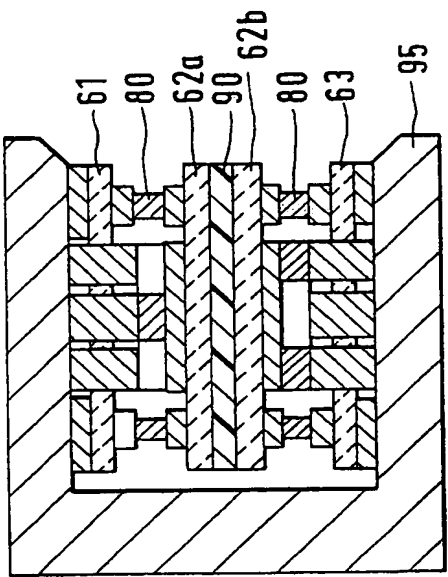


Fig. 3b

4/4

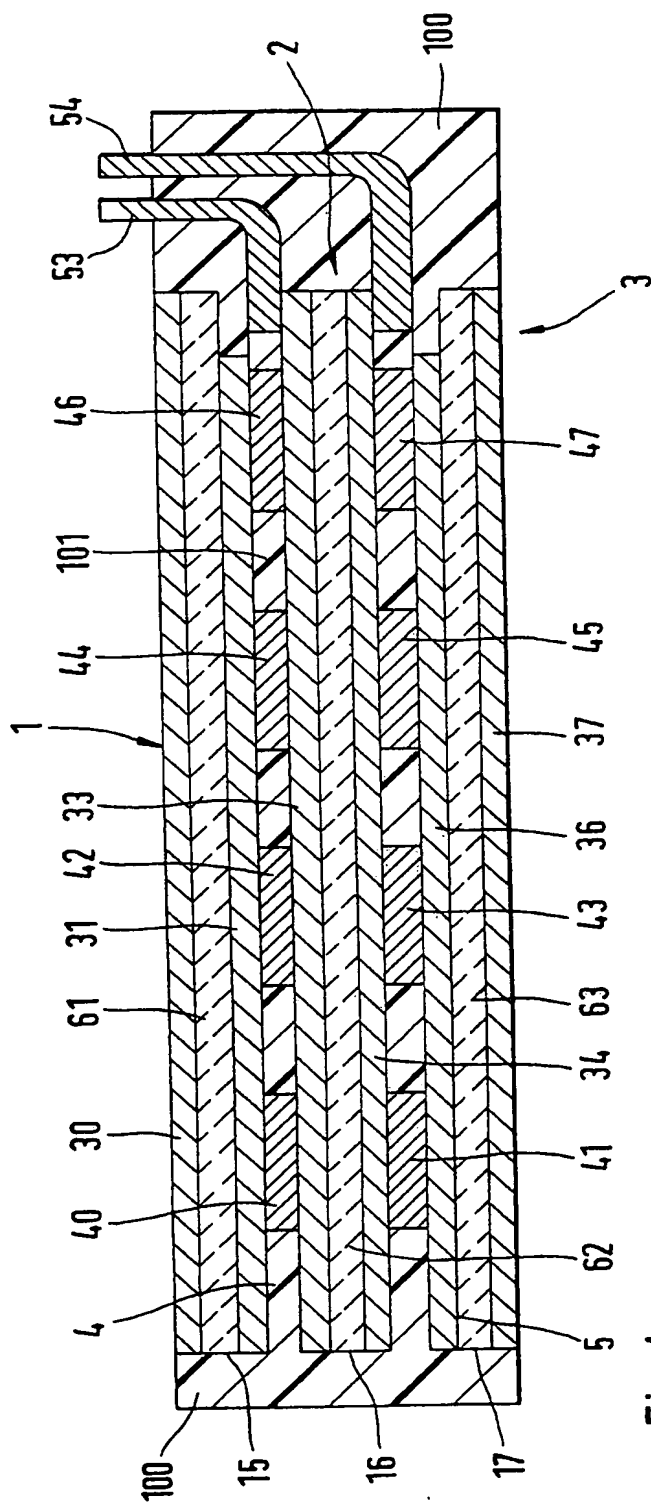


Fig.4